اثر کودهای مولیبدات آمونیوم و سیلیکات‌سدیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم

علی کمالی‌مقدم[۱]، نوید قنواتی*[۲] و محمدجعفر ملکوتی[۳]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲) استادیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۳) استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:**Ghanavati.Navid2014@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۸**

چکیده

مولیبدن(Mo) از عناصر ضروری و سیلیسیم (Si) از عناصر مفید برای رشد گیاه گندم می‌باشند. به منظور بررسی اثر مولیبدن و سیلیسیم بر عملکرد گندم (*Triticumaestivum* L.) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، این آزمایش مزرعه‌ای در اراضی ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج روی گندم رقم شیراز انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو فاکتور مولیبدن به‌صورت مولیبدات آمونیم در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار و سیلیسیم به‌صورت سیلیکات سدیم در سه سطح صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و با سه تکرار در یک خاک شنی انجام گرفت. توصیه کودی بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد. قبل از برداشت از هر کرت ۱۰ نمونه تصادفی به منظور بررسی طول سنبله و تعداد دانه در سنبله برداشت شد و سپس بوته‌های گندم از سطح شش مترمربع کف‌بر شدند. صفات عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد در تیمارهایی که مولیبدات آمونیم به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار به خاک افزوده شده بود، اثر مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد روی تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و درصد پروتئین از خود نشان داد. به‌طوری‌که عملکرد دانه گندم به طور متوسط از ۳۵۶۶ کیلوگرم در هکتار به ۴۰۸۵ کیلوگرم در هکتار (۱۴/۵۳ درصد) و میزان پروتئین از ۱۲/۸۹ درصد به ۱۴/۴۲ درصد (۱۲ درصد) افزایش داشت. غلظت مولیبدن دانه از ۳/۵۴ به ۵/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت. اثر مولیبدن بر طول سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد کاه معنی‌داری نبود. تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیکات سدیم اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد کاه داشت و مقدار آن را از ۸۰۷۴ کیلوگرم در هکتار به ۹۱۸۸ کیلوگرم در هکتار (۱۴ درصد) افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: مولیبدات آمونیم، سیلیکات سدیم و درصد پروتئین.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

مقدمه

مولیبدن (Mo) جزء عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان است که به‌صورت آنیون مولیبدات (MoO_4^{2-}) جذب گیاه شده، در ساختمان آنزیم‌های نیتروژناز، نیترات ردواکتاز، آلدئیداکسیداز و گزانتین اکسیداز ب ه کار رفته است (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰). مقدار مولیبدن در خاک از ۰/۲ تا ۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغییر است. مولیبدن برای سوخت و ساز نیتروژن و فعال کردن ریزوبیوم‌های هم‌زیست با بقولات و هم‌چنین برای احیای نیترات در گیاهان غیربقولات الزامی است (خاوازی، ۱۳۸۲؛ ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). مولیبدن در جذب و انتقال آهن در گیاهان نقش اساسی دارد (Heckman, 2002). این عنصر هم‌چنین برای تبدیل فسفر معدنی به آلی در گیاهان ضروری است (Anderson, 2003). گیاهانی که به دلیل کمبود مولیبدن نمی‌توانند نیترات را احیاء و وارد سیستم متابولیکی خود نمایند، دچار کمبود نیتروژن شده و علائم کمبود این عنصر را هم نشان می‌دهند (Nautiyal and Chatterjee, 2004). کمبود مولیبدن در ذرت نه تنها تشکیل گل تاجی[1] را به تأخیر می‌اندازد، بلکه بخش عمده گل‌ها باز نشده و ظرفیت پرچم برای تولید دانه گرده کاهش می‌یابد. افزون بر این، دانه‌های گرده کوچک‌تر می‌شوند، نشاسته در آن‌ها وجود نداشته و رشد لوله گرده در آن‌ها ضعیف می‌باشد. از طرف دیگر وجود غلظت‌های زیاد اما غیرسمی مولیبدن در گیاهان برای تولید دانه سودمند است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۲). هم‌چنین مولیبدن میزان پروتئین دانه، میزان محصول و قدرت جوانه‌زنی دانه گندم را افزایش می‌دهد (Modi, 2002). هم‌چنین در آزمایشی در خاک‌های مناطق نیمه گرمسیری دارای کمبود عناصر کم‌مصرف، مشاهده شد که دو عنصر مولیبدن و روی جزو عناصر کلیدی در افزایش عملکرد گندم هستند (Bodruzzaman*et al.*, 2002). سیلیسیوم دومین عنصر فراوان در سطح کره زمین و یکی از عناصر غذایی مفید در رشد و سلامت گیاهان می‌باشد. اگرچه سیلیسیوم عنصر ضروری برای گیاهان در نظر گرفته نشده است، اما در برخی از گیاهان یک عنصر ضروری است (Doshi *et al.*, 2008). نتایج تجزیه بافت گیاهی نشان می‌دهد که غلظت سیلیسیوم بسته به گونه گیاهی بین ۱ تا ۱۰۰ گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه مغیر است (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). مصرف کودهای سیلیسیوم در خاک از دو طریق بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد. اول اینکه بهبود تغذیه سیلیسیوم موجب تقویت سیستم حفاظتی گیاه در شرایط نامساعد محیطی، بیماری و حشرات می‌شود. از سوی دیگر، تیمار کردن خاک با ترکیبات حاوی سیلیسیوم سبب بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه شده و حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهد (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). سیلیسیوم اثر مثبتی بر رشد و تولید ماده خشک، میزان فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارد (Agarie*et al.*,1993). نتایج تحقیقات گرامی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر سیلیکات پتاسیم و سیلیکات سدیم

[1] Tasseling

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

بر گیاه برنج نشان داد که با افزایش سطوح تیمار مقدار کلروفیل کل و کلروفیل a، b افزایش می‌یابد. این عنصر با استحکام ساقه در غلات (برنج، نیشکر و گندم) موجب کاهش خوابیدگی در گیاهان می‌شود. علاوه بر این دیواره سلول‌های بشره به وسیله لایه‌ای محکم از سیلیس آغشته می‌شوند و در برابر آلودگی‌های قارچی مؤثر واقع می‌شوند (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰). هم‌چنین Liang و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که افزودن سیلیکات سدیم به خاک‌های آهکی عملکرد دانه برنج را ۲۰/۷ -۴/۶ درصد و عملکرد دانه گندم را به میزان ۹/۳-۴/۱ درصد افزایش داد. مصرف سیلیسیوم در گیاهان تحت تنش شوری باعث تحریک فعالیت H^+-ATPase غشاهای سلولی و در نتیجه افزایش جذب و تجمع پتاسیم در بخش هوایی می‌گردد (Matichenkv and Kosobrukhov, 2004). سیلیسیوم هم‌چنین با جلوگیری از جذب سدیم سبب می‌گردد که جذب و غلظت پتاسیم در گیاه افزایش یابد. سیلیسیوم می‌تواند از طرق مختلفی مانند کاهش نفوذپذیری غشای سلول‌های برگ و ریشه نسبت به سدیم و افزایش خروج سدیم از سلول‌ها باعث کاهش جذب سدیم در گندم، برنج و جو و سایر گیاهان شود (Gong *et al.*,2006; Hashemi *et al.*, 2010). به این ترتیب رقابت بین سدیم و پتاسیم برای جذب به وسیله گیاه کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد (Gong *et al.*,2006). هدف از انجام این تحقیق این بود که با اعمال سطوح مختلف کودهای محتوی دو عنصر مولیبدن و سیلیسیوم در یک آزمایش مزرعه‌ای، اثر دو عنصر فوق بر عملکرد و میزان پروتئین گندم در خاک‌های آهکی بافت سبک کرج مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور اجرای آزمایش مذکور در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، ابتدا نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه شد. پس از خشک شدن نمونه در هوا و غربال توسط الک دو میلی‌متری، تجزیه فیزیکوشیمیایی انجام گرفت. مولیبدن خاک به روش تیوسیانات آمونیوم اندازه‌گیری شد (USEPA,1986). نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک تحت بررسی قبل از کاشت در جدول آورده شده است.

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در این تحقیق

بافت	درصد شوری (دسی‌زیمنس)	pH	$CaCO_3$	Si	Mo	Mn	Cu	Zn	Fe	P	K	N	Cl^-	HCO^-_3	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
			درصد		(میلی‌گرم در کیلوگرم)							درصد	(میلی‌اکی والان در لیتر)				
لوم شنی	۰/۷۸	۷/۷۶	۸/۱	۰/۳۲	۰/۳۷	۲/۶	۲/۰	۱/۲	۱/۲	۶/۰	۲۶۴	۰/۰۷۸	۳/۵	۵/۸	۸/۰	۲/۴	۲/۹

پس از آماده کردن زمین نقشه طرح به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو فاکتور مولیبدن به‌صورت مولیبدات آمونیوم در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار و سیلیسیم به‌صورت سیلیکات سدیم در سه سطح صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه و با سه تکرار در قطعه مورد نظر پیاده شد. کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۶ × ۵ متر با فاصله دو متر بین تکرارها و یک متر بین تیمارها در نظر گرفته شد. مصرف سایر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

کودها بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب به شرح زیر انجام گرفت: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن، ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز، ۱۰ کیلوگرم اسید بوریک و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به هر کرت به‌صورت پخش سطحی قبل از کشت اضافه شد. بذر گندم به میزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار از رقم شیراز استفاده شد. کاشت گندم در ۳۰ مهرماه و در عمق ۳ سانتی‌متری انجام گرفت. پس از کاشت، عملیات داشت شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بر اساس توصیه علمی انجام شد. کود اوره نیز به‌صورت سرک در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن و قبل از ظهور گل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر مرحله داده شد. در پایان آزمایش بوته‌های گندم در سطح شش مترمربع از هر کرت کف‌بر و طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد کاه و دانه و میزان پروتئین دانه به روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. ۰/۲ گرم پودر دانه را با ۰/۶ میلی‌لیتر بافر استخراج له کرده و به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۵۰۰ دور و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی شناور در لوله‌های جدید ریخته و به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و در نهایت محلول رویی برداشت شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین ۱۰ میکرولیتر از عصاره به‌دست آمده را در ۵ میلی‌لیتر محلول برادفورد و ۲۹۰ میکرولیتر بافر استخراج افزوده و میزان جذب در ۵۹۵ نانومتر قرائت گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. هم‌چنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

غلظت مولیبدن و سیلیسیوم در اندام هوایی و دانه

مصرف مولیبدات آمونیوم، غلظت مولیبدن در اندام هوایی گندم را افزایش داد (جدول ۲). از لحاظ آماری این افزایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر مصرف سیلیکات سدیم برغلظت سیلیسیم در اندام هوایی معنی‌دار نبود. با وجود آن که، غلظت سیلیسیم در اندام هوایی گندم افزایش نیافت اما بر اساس پدیده اثر رقت، میزان کل سیلیسیم جذب شده توسط گیاه با توجه به افزایش عملکرد، فزونی یافت. مصرف کودهای محتوی مولیبدن و سیلیسیم به تنهایی یا توأم با هم اثر معنی‌داری بر طول سنبله و وزن هزار دانه نداشت (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر کوددهی مولیبدن و سیلیسیم بر میزان مولیبدن دانه، نشان داد که اثر کوددهی مولیبدن برمیزان مولیبدن دانه، در سطح یک درصد معنی‌دار شد. غلظت مولیبدن در تیمار شاهد که ۳/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود در اثر مصرف مولبیدات آمونیوم به ۵/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت که سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش مصرف مولیبدات آمونیوم، مولیبدن دانه افزایش یافت. بالاترین غلظت مولیبدن در دانه گندم مربوط به تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم مولیبدات آمونیوم در هکتار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

بود. سطوح مختلف کود سلیکات سدیم بر میزان سیلیسیوم دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج تحقیقات Moussa (۲۰۰۶) نشان داد که در گیاه ذرت افزودن سیلیسیم اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه نداشت. هم‌چنین Hong سیلیس اثری بر وزن خشک گوجه فرنگی رقم نداشت. محقق و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی کاربرد سه غلظت (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیم) بر غلظت سیلیسیم، رشد و عملکرد دو رقم خیار در کشت هیدروپونیک نشان دادند که اضافه کردن سیلیسیم به محلول غذایی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه و شاخساره می‌شود.

جدول ۲: غلظت مولیبدن در اندام هوایی گندم در سطوح مختلف مولیبدات آمونیوم

مولیبدات آمونیوم (کیلوگرم در هکتار)	غلظت مولیبدن در اندام هوایی (میلی‌گرم در کیلوگرم)
صفر	۰/۴۳ c
۱۰	۱/۴۱ b
۲۰	۴/۵۰ a

(زمان نمونه‌برداری: انتهای مرحله ساقه رفتن)

* هر عدد میانگین ۹ پلات (قطعه) می‌باشد.

جدول ۳: تجزیه واریانس مربوط به فاکتورهای اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	میانگین مربعات								
	درجه آزادی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	عملکرد دانه	درصد پروتئین	عملکرد کاه	مولیبدن دانه	سیلیسیم دانه
تکرار	۲	۳/۹۸ ns	۲/۷۲ ns	$۱/۱۸۵\times۱۰^{-۲}$ ns	۳۸۲۵۸/۲۶ ns	۰/۳۳۷ ns	۷۶۵۳۸۳/۶ ns	$۳/۳۶\times۱۰^{-۲}$ ns	$۲/۹۲۶\times۱۰^{-۶}$ ns
کود مولیبدن	۲	۶/۴۶ ns	۷۱/۶ **	$۵/۳۵۳\times۲۰^{۲}$ ns	۹۲۱۶۲۰/۹۲ **	۷/۳۷۵ **	۴۷۸۵۴۷ ns	۲۰/۳۶۷ **	$۴/۵۹۳\times۱۰^{-۶}$ ns
کود سیلیسیم	۲	۶/۲۰ ns	۰/۵۹۱ ns	$۹/۸۹۴\times۱۰^{-۲}$ ns	۱۷۹۲۱۳/۰۵ ns	۰/۲۱۰ ns	۴۹۵۰۷۷۳/۳۲ **	$۱/۹۳\times۱۰^{-۲}$ ns	$۱/۱۴۸\times۱۰^{-۶}$ ns
کودهای مولیبدن× سیلیسیم	۴	۰/۹ ns	۳/۹۴۹ ns	$۵/۸۵۱\times۱۰^{-۲}$ ns	۱۲۸۶۴/۴ ns	۰/۴۱۷ ns	۱۳۴۹۹۰۶ ns	$۶/۱۵\times۱۰^{-۳}$ ns	$۳/۱۴۸\times۱۰^{-۶}$ ns
خطا	۱۶	۷/۹۶	۶/۵۲	$۵/۵۰۹\times۱۰^{-۲}$ ns	۷۰۷۲۶/۲۳	۰/۳۴۴	۵۵۸۴۱۰/۴۷	$۱/۴۱\times۱۰^{-۲}$	$۳/۰۹۳\times۱۰^{-۶}$
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲۹	۸/۳۵	۱۱/۵۲	۷/۶۵	۶/۴۵	۹/۳۲	۱۲/۳۶	۱۳/۲۱

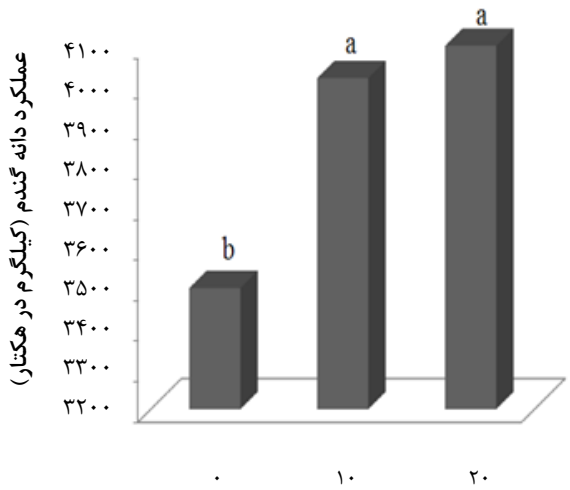
ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنیدار و اختلاف معنیدار در سطوح احتمال پنج و یک درصد میباشند .

عملکرد دانه

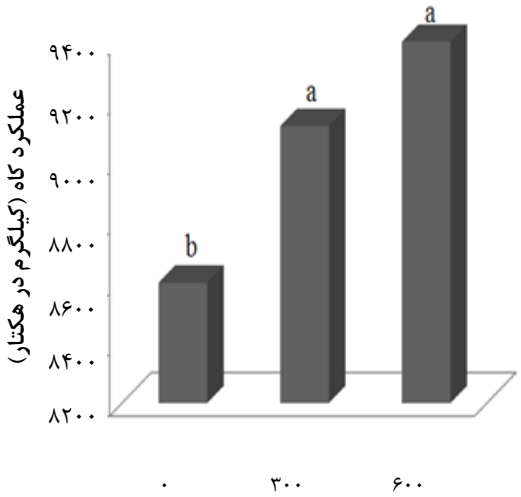
اثر سطوح مختلف کود مولیبدات آمونیم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی سطوح مختلف کود سلیکات سدیم برتعداد دانه در سنبله اثر معنی‌داری نداشت. با افزایش مولیبدات آمونیوم مصرفی، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. در تحقیقات متعدد قبلی مشخص شده که مولیبدن از طریق اثری که بر تشکیل گل و رشد و فعالیت دانه‌های گرده می‌گذارد، بر وضعیت دانه‌بندی مؤثر است. به‌طوری‌که در شرایط کمبود مولیبدن، به خاطر تعداد کم دانه‌های گرده مؤثر، دانه‌بندی ضعیف می‌باشد (Anderson, 2003). اثر کاربرد توأم کودهای حاوی مولیبدن و سیلیسیم نیز اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نبود (جدول ۳). اثر مصرف سطوح مختلف کود مولیبدات آمونیم برعملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، ولی سطوح مختلف کود سلیکات سدیم بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). مصرف ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم مولیبدات آمونیوم در هکتار به ترتیب به ۴۰۸۵ و ۴۱۵۰ کیلوگرم در هکتار یعنی ۱۴/۵ و ۱۶/۴ درصد عملکرد دانه را افزایش داد، اما بین تیمارهای ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم مولیبدات آمونیوم در هکتار از لحاظ آماری تفاوت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

معنی‌داری نداشت (شکل ۱). این نتایج با یافته‌های Wang و همکاران (۱۹۹۵) و Modi (۲۰۰۲) مطابقت داشت. کود مولیبدات آمونیم با افزایش تعداد دانه در سنبله که یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد. اثر کاربرد توأم کودهای حاوی مولیبدن و سیلیسیم نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود.



شکل ۱: برهمکنش دوجانبه تلقیح با باکتری ریزوبیوم در کاربرد نیتروژن معدنی از منبع اوره بر میزان کلروفیل برگ



شکل ۲: اثر سطوح مختلف سیلیکات سدیم بر عمکلرد کاه

عملکرد کاه

کود مولیبدن بر عملکرد کاه اثر معنی‌داری نداشت. اما اثر کود سیلیسیم بر عملکرد کاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). عملکرد کاه در تیمارهای ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم سیلیکات سدیم به ترتیب از ۸۷۰۴ کیلوگرم در هکتار به ۹۱۸۸ و ۹۴۷۱ کیلوگرم در هکتار یعنی ۱۳/۸ و ۱۷/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. اما این دو تیمار نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۲). کاربرد توأم مولیبدات آمونیوم و سیلیکات سدیم اثر معنی‌داری بر عملکرد کاه نداشت. این نتایج با یافته‌های Gong و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند که سیلیسیم با تحریک ساقه، رشد گندم را افزایش داده و از این طریق گندم تیمار شده با سیلیسیم، ماده خشک بیش‌تری در مقایسه با گندم تیمار نشده، تولید نمود. تحریک رشد به وسیله سیلیسیم ممکن است از طریق دخالت در بزرگ شدن سلول و یا تقسیم سلولی بوده باشد (Elawad*et al.*, 1982). مصرف کودهای سیلیسیوم در خاک از دو طریق بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. اول اینکه بهبود تغذیه سیلیسیوم موجب تقویت سیستم حفاظتی گیاه در شرایط نامساعد محیطی، بیماری و حشرات می‌شود. از سوی دیگر تیمار کردن با ترکیبات حاوی سیلیسیوم سبب بهبود ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه شده و حاصل‌خیزی خاک را افزایش می‌دهد. تغذیه سیلیسیوم در حد مناسب و بهینه موجب افزایش زیست‌توده و حجم ریشه‌ها شده در نتیجه سطح جذب کننده عناصر را افزایش می‌دهد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

(خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). Agarie و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که در صورت کمبود سیلیسیوم، مقدار کلروفیل کم شده و در نتیجه فتوسنتز در گیاه برنج کاهش می‌یابد. آنان دلیل این امر را نقش سیلیسیوم در زنجیره فتوسنتزی و ممانعت از تخریب کلروفیل توسط سیلیسیوم دانستند. سیلیسیوم اثرهای مثبتی بر رشد و تولید ماده خشک، میزان فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارد. Samuels و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که افزایش رشد و عملکرد گیاه در حضور سیلیسیوم از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها صورت می‌گیرد که باعث ایستادگی ساقه و گسترش برگ‌ها در برابر نور و افزایش جذب نور و ظرفیت فتوسنتزی گیاه گوجه می‌شود.

درصد پروتئین

کوددهی مولیبدن بر درصد پروتئین در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشت، اما اثر سطوح مختلف سیلیسیم و کاربرد توأم مولیبدن و سیلیسیم بر درصد پروتئین معنی‌دار نشد. مصرف مولیبدات آمونیوم درصد پروتئین دانه را از ۱۲/۸۹ به ۱۴/۴۲ درصد افزایش داد. این نتایج با یافته‌های Singh همکاران (۱۹۹۲)، Deo و Kothari (۲۰۰۲) و Jat و Rathore (۱۹۹۳) در مورد نخود، لوبیا چشم بلبلی و یافته‌های Modi (۲۰۰۲) بر روی گندم مطابقت داشت. Modi (۲۰۰۲) گزارش کرد که مولیبدن به علت نقشی که در متابولیسم نیتروژن دارد و نقش این عنصر در سنتز پروتئین به خوبی اثبات شده است، موجب افزایش پروتئین دانه می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله چنین استنباط گردید که مولیبدن باعث افزایش عملکرد دانه گندم، میزان پروتئین و غنی‌سازی دانه گندم گردید. سیلیسیم نیز باعث افزایش کاه گندم در خاک‌های آهکی بافت سبک کرج شد. یادآوری این نکته ضروری است که به علت بافت سبک خاک محل انجام آزمایش، عملکرد پایین بود و چون مصرف مولیبدن، سیلیسیم و سایر عناصر کم نیاز نقش خود را در عملکردهای هکتاری بالا (حداقل فراتر از ۶ تن در هکتار) نشان می‌دهند، بنابراین انجام تحقیقات بیش‌تر در خاک‌های با بافت مناسب‌تر که عملکردهای هکتاری بالاتری دارند، لازم می‌باشد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از زحمات مسئولین محترم ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج وابسته به موسسه تحقیقات خاک و آب تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

خاوازی، ک. ۱۳۸۲. بررسی و ضعیت عناصر غذایی، فراوانی درجه کارآیی باکتری‌های Sinorhizobium و پتانسیل تثبیت ازت در خاک‌های یونجه‌زار استان همدان. پایان‌نامه دکتری گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. ۲۳۷ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

خلدبرین، ب. و اسلام‌زاده، ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی(ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه شیراز . ۹۰۲ ص.

خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۹. مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۷۶ ص.

گرامی، م.،م. قربانلی، ا.فلاح و م.بابایی. ۱۳۸۸. بررسی آثار سیلیس بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۱): ۹۵-۸۸.

ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه‌حل‌ها. چاپ دوم. مرکز نشر دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. ۴۹۴ ص.

محقق، پ.، م. شیروانی و س قاسمی . ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد سیلیسیوم بر رشد و عملکرد دو رقم خیار در سیستم هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای. (۱): ۳۵-۴۰.

یزدانی، ن. ملکوتی، م. ج. و خاوازی، ک. ۱۳۸۲. نقش مولیبدن در افزایش عملکرد گیاهان و سلامت دام و انسان. نشریه فنی شماره ۳۳۰. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. ۲۳ ص.

Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubuta, F. and Kaufman, P.B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter fluorescence and anti-oxidative enzyme activities in tomato plant under salt stress. Journal of Plant Nutrition 27: 2101-2115.

Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubuta, F. and Kaufman, P.B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice plant (*Oryzastiva*). Crop Production Improvement Technology 34: 225-234.

Anderson, S. 2003. Basic information about molybdenum as plant nutrient.available *In*: http://Cecommerce.uwex.edu.

Bodruzzaman, M., Duxbury, J.M., Weleh, R.M., Lauren, J.G., Meisner, C.A. and sadat M.A. 2002. Increasing wheat productivity in the subtropics using micronutrients enriched seed. www. Cimmytbd.org/wrc/publication.htm.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein ultilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biology 72: 248-254.

Deo, C. and Kothari, M.L. 2002. Effect of modes and levels of molybdenum application on grain yeild, protein content and nodulation of chickpea grown on loamy sand soil.Commun.In Soil Science and Plant Analysis. 33: 2905-2915.

Doshi, R., Braida, W., Christodoulatos, C., Wazne, M. and Oconor, G. 2008. Nano aluminum: Transport through sand columns and environmental effects of plant and soil communities. Environment. Research 106: 296-303.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]

Elawad, S.H. Gascho, G.J. and Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate.I. Growth and Yield. Agronomy journal 74: 481-484.

Gong, H.J., Randall, D.P. and Flowers, T.J. 2006. Silicon deposition in the root reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) seedling by reducing bypass flow. Plant Cell Environment, 29: 1970-1979.

Gong, H.J., Chen, K.M., Chen, G.C., Wang, S.M. and Ihang, C.L. 2003. Effect of Silicon on growth of wheat under drought. Journal of Plant Nutrition 26:1055-1063.

Hashemi, A., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H.R. 2010. Beneficial effects of silicom nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., Plant. Soil Science.Plant Nutrition 56: 244-253.

Heckman, J.R. 2000. Rutgers cooperative extension, New jersey agricultural experiment station Rutgers, the state university of New jersey.

Jat, R.L. and Rathore, P. 1993. Effect of Sulfure, Molybdenum and Rhizobium inoculation on Green Gram (*Phaseolusradiatus*). Indian journal of Agronomy 39:651-653.

Liang, Y.Ch., Ma, T.Sh., Junli, F. and Feng, Y.J. 1994. Silicon availability and response of wheat and rice to silicon in calcareous soils.Commun. In Soil Science and Plant Analays 25: 2285-2297.

Matichenkov, V.V. and Kosobrukhov, A.A. 2004. Si effect on the plant resistance to salt toxicity .13th International Soil Conservation Organization Conference. Brisbane, Australia Paper No.26.

Modi, A.T. 2002. Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. Journal of plant Nutrition 25: 70-71.

Moussa, H.R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize *(Zea mays L.).* International Journal Agriculture Biology 8 (2): 293-297.

Nautiyal, N. and Chatterjee, C. 2004. Molybdenum Stress-Induced changes in growth and yield of chickpea. Journal of Plant Nutrition 27: 173-181.

Samuels, A.L., Glass, A.D.M., Ehret, D.L and Menzies, J.G. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: Change in surface characteristics. Journal Annual Botany 72: 433-440.

Singh, B., Khandelwal, R.B. and Singh, B. 1992. Effect of manganese and molybdenum fertilization with rihzobium inoculation, on the yield and protein content of Cow pea. Journal of Society of Soil Science 40: 738-741.

USEPA. 1986. Test Methods for Evaluating Solid Waste. Volume IA: 3rd Edition. EPA/SW-846. National Technical Information Service. Springfield, Va.

Wang, Y.H., Wei, W.X. and Tan, Q.L. 1995. A study on molybdenum deficiency and molybdenum application of winter wheat in yellow-brown soil of Habei province Soil Fertility 3: 24-28.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.27.7.6]